

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Liina-Mari Roolaht

**Suhteline energia defitsiit spordis: ülevaade kaasaegsest käsitlest,
tagajärgedest ja ravist**

**Relative Energy Deficiency in Sport: overview of modern approaches,
consequences and treatment**

Bakalaureusetöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad:
dotsent E. Unt (MD, PhD)
lektor M. Mooses (PhD)

Tartu, 2019

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	4
SISSEJUHATUS	5
1. SUHTELINE ENERGIA DEFITSIIIT SPORDIS	7
1.1. Energia defitsiidi käsitluse ajalooline taust	7
2. ENERGIA SAADAVUS.....	11
2.1. Madal energia saadavus spordis	11
2.2. Madala energia saadavuse sagedusnäitajad sportlastel.....	12
2.3. Madala energia saadavuse riskifaktorid sportlastel	13
3. MADALAST ENERGIA SAADAVUSEST PÕHJUSTATUD SUHTELISE ENERGIA DEFITSIIDI TAGAJÄRJED SPORTLASTEL	15
3.1. Endokriinsüsteem.....	15
3.2. Menstruaalfunktsioon	16
3.3. Luutihedus	17
3.4. Ainevahetus	19
3.5. Vere loome.....	19
3.6. Kasvamine ja areng.....	20
3.7. Südame-vereringesüsteem	20
3.8. Gastrointestinaalsüsteem	20
3.9. Immuunsüsteem	20
3.10. Kesknärvisüsteem.....	21
4. SUHTELISE ENERGIA DEFITSIIDI RAVIKÄSITLUS SPORDIS	22
4.1. Suhtelise energia defitsiidi ravi eesmärgid spordis.....	22
4.2. Suhtelise energia defitsiidi skriining spordis	23
4.3. Suhtelise energia defitsiidi ennetamine spordis.....	24
KOKKUVÕTE	26

KASUTATUD KIRJANDUS	27
<i>SUMMARY</i>	31

KASUTATUD LÜHENDID

ACSM – Ameerika spordimeditsiini kolledž, ingl k *American College of Sports Medicine*

DXA – luudensitomeetria, ingl k *dual-energy X-ray absorptiometry*

EA – energia saadavus, ingl k *energy availability*

EEE – kehalise treeningu käigus kulutatud energia, ingl k *exercise energy expenditure*

EI – toiduenergia, ingl k *energy intake*

FFM – rasvavaba mass, ingl k *fat-free mass*

FHA – funktsionaalne hüpotalaamiline amenorröa, ingl k *functional hypothalamic amenorrhea*

FSH – folliikuleid stimuleeriv hormoon, ingl k *follicle-stimulating hormone*

GH – kasvuhormoon, ingl k *growth hormone*

GnRH – gonadotropiine vabastav hormoon/ gonadoliberiin, ingl k *gonadotropin-releasing hormone*

IGF-1 – insuliinisarnane kasvufaktor 1/ somatomeidiin C, ingl k *insulin-like growth factor 1*

L – lülisamba lumbaallüli, ingl k *lumbar vertebra*

LEA – madal energia saadavus, ingl k *low energy availability*

LH – luteiniseeriv hormoon, ingl k *luteinizing hormone*

RED-s – suhteline energia defitsiit spordis, ingl k *relative energy deficiency in sport*

RMR – ainevahetuse põhikäive, ingl k *resting metabolic rate*

SD – standardhälve, ingl k *standard deviation*

T3 – trijoodtüroniin, ingl k *triiodothyronine*

SISSEJUHATUS

Käesolev bakalaureusetöö käsitleb suhtelise energia defitsiidiga seonduvat temaatikat spordis. Kehamassi teadlik alandamine sportliku saavutusvõime parandamise eesmärgil on levinud võtteks nii eliitsportlaste kui ka harrastajate seas. Kui energia saadavus (EA) pole kehalise treeningu käigus kulutatud energia balansseerimiseks optimaalne, kujuneb organismis energia defitsiit, mille lühi- ja pikaajalised tagajärjed mõjutavad elutähtsate füsioloogiliste funktsioonide toimimist, sealhulgas reproduktiivset funktsiooni ja luu ainevahetust (Heikura et al., 2018, Mountjoy et al., 2018).

Mõiste „suhteline energia defitsiit spordis“ (RED-s) viitab energia defitsiidist põhjustatud organismi vähenenud füsioloogilisele võimekusele, mis hõlmab häireid nii ainevahetuse regulatsioonis, kasvuprotsessides, menstruaaltsükli, luu ainevahetuses, vereloomes kui ka südame-vereringe-, gastro-intestinaal-, endokriin-, immuun- ja kesknärvisüsteemis (Mountjoy et al., 2018). Seoseid madala energia saadavuse (LEA), häirunud menstruaalfunktsiooni ja madala mineraalse luutiheduse vahel on naissportlaste seas uuritud juba aastakümneid. Definitsioon „naissportlase triaad“ (FAT) tähistab kolme eelmainitud komponendi kooseksisteerimist (Mountjoy et al., 2014; Yeager et al., 1993). Probleemikäsitus on viimaste aastate jooksul muutunud ning 2014. a on võeti uuem termin – RED-s (Mountjoy et al., 2014). Praeguse arusaama kohaselt on LEA-st tingitud tagajärjed organismile oluliselt ulatuslikumad võrreldes triaadi kontseptsiooniga ning probleem puudutab ka meessportlasi (Mountjoy et al., 2018).

Teema valikul lähtus töö autor probleemi aktuaalsusest ning häirunud söömiskäitumise levimuse suurenemisest Eesti naissportlaste hulgas (Tjurina, 2017). Probleem on jäänud tihti tähelepanuta vähese teadlikkuse tõttu treenerite, terapeutide, tervishoiutöötajate ja sportlaste seas, mistõttu ei tuvastata sümptomeid õigeaegselt ega teadvustata terviseriske (De Souza et al., 2014, Mountjoy et al., 2018).

Käesolev bakalaureusetöö annab ülevaate RED-s-i kaasaegsest käsitlest, riskiteguritest, ravist ning toob välja peamised erinevused varem kasutusel olnud naissportlase triaadi kontseptsioonist. Teadusallikatele tuginedes on töö eesmärgiks selgitada välja LEA-st tingitud tagajärjed nii nais- kui ka meessportlaste füsioloogilistele protsessidele ning käsitleda RED-s-i ravi eesmäärke, skriiningu- ja ennetamisvõimalusi. Antud töös juhib autor tähelepanu probleemi komplekssele ning toob välja selle käsitlemise puudujäägid.

Märksõnad: suhteline energia defitsiit spordis, naissportlase triaad, madal energia saadavus, luutihedus, amenorröa

Keywords: relative energy deficiency in sport, female athlete triad, low energy availability, bone density, amenorrhea

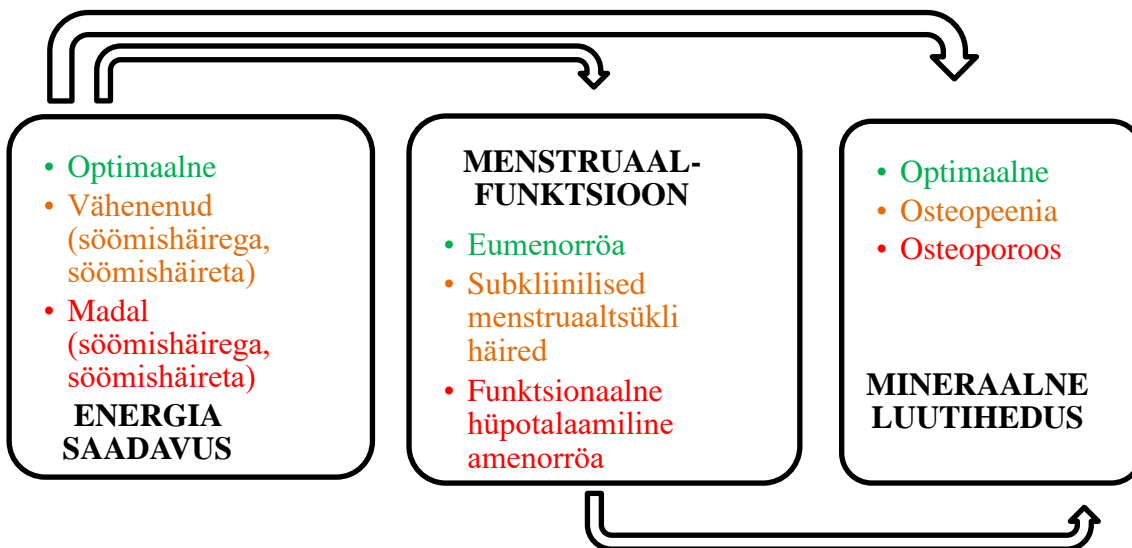
1. SUHTELINE ENERGIA DEFITSIIT SPORDIS

1.1. Energia defitsiidi käsitluse ajalooline taust

Seoseid madala toiduenergia, häirunud menstruaaltsükli ning luutiheduse vähenemise vahel täheldati juba eelmise sajandi lõpus. 1984. a teostatud uuringu põhjal selgus, et lülisamba mineraalne luutihedus (mõõdetud kõrgusel L1-L4) on oluliselt madalam naissportlastel, kellel esineb amenorröa, kui neil, kelle menstruaaltsükkel on normipärane (Drinkwater et al., 1984). Luutiheduse vähenemist mõjutab eelkõige amenorröa kestus ja östrogeeni defitsiidi ulatus, lisaks varasemate luumurdude esinemine (Davies et al., 1990). Spordivigastuste esinemissageduse tõusu tõttu naissportlaste seas korraldas *American College of Sports Medicine* (ACSM) 1992. aastal seminari, mille eesmärgiks oli määratleda triaadi komponendid ühtse terminiga. 1992. a tutvustati esmakordselt naissportlase triaadi definitsiooni kui häirunud söömiskäitumise, amenorröa ja osteoporoosi koosesinemist (De Souza et al, 2014; Yeager et al., 1993). Triaadi riskigruppi arvati eelkõige vastupidavusalade, kaalukategooriate ja esteetiliste spordialadega tegelevad naissportlased (Yeager et al., 1993), sealjuures ei välistatud triaadi kompleksi esinemist kehaliselt aktiivsetel naistel, kes ei kategoriseerunud eliitsportlasteks (De Souza et al., 2014; Otis et al., 1997). Eelmainitud käsitlust järgides oli suur osa FAT-ist aladiagnoositud, kuna ainult ühe komponendi esinemine triaadi kolmest elemendist ei olnud hindamiskriteeriumite alusel piisav FAT-i diagnoosimiseks ning kahe komponendi samaaegne esinemine ei olnud sageli FAT-i korral tuvastatav.

2007. a uuendas ACSM FAT- i diagnoosimise juhiseid. Uue definitsiooni kohaselt on FAT energia saadavuse, menstruaalfunktsiooni ja mineraalse luutiheduse vaheline seos, kus võib kõiki komponente iseloomustada dünaamikas. Erinevalt 1992. a definitsioonist ei pea seisundi diagnoosimiseks esinema patoloogiat kõigis triaadi komponentides samaaegselt, vaid neid arvestatakse kui eraldiseisvaid elemente, mis üksteist mõjutavad (Mountjoy et al., 2014; Nattiv et al., 2007). LEA mõjutab otseselt menstruaalfunktsiooni, põhjustades östrogeeni defitsiidi ja sellest tulenevalt amenorröa, mis omakorda tingib madala mineraalse luutiheduse (Melin et al., 2014; Wiksten-Almströmer et al. 2009). Triaadi iga komponent on väljendatav spektril, mis ulatub optimaalsest funktsioneerimisest kuni subkliiniliste ja lõpuks raskete häireteni, nagu LEA koos söömishäirega või ilma söömishäireta, funktsionaalne hüpotalaamiline amenorröa ja osteoporoos (De Souza et al., 2014, Mountjoy et al., 2014; Nattiv et al., 2007). FAT-i komponendid on lihtsustatud kujul esitletud joonisel 1, kus roheline tsoon tähistab optimaalset, oranž häirunud ja punane raskelt häirunud funktsioneerimist. Komponentide dünaamika spektril (joonisel 1 rohelisest tsoonist punaseni)

sõltub sportlase toitumis- ja treeningharjumustest. Tuginedes 2007. a. FAT-i kontseptsioonile, koostati 2014. aastal juhised meditsiinitöötajatele, erialaspetsialistidele, treeneritele ja sportlastele triaadi skriinimis-, diagnoosimis- ja ravivõimalustest (De Souza et al., 2014).



Joonis 1. Naissportlase triaadi spekter. Energia saadavus, menstruaalfunktsioon ja mineraalne luutihedus on omavahel seotud ning mõjutavad üksteist (modifitseeritud, Nattiv et al., 2007).

EA on defineeritud kui organismi füsioloogiliste funktsioonide täitmiseks allesjääv energia, mis on saadud, kui toiduenergiast (EI) lahutatakse kehalise treeningu käigus kulutatud energia (EEE). Vastavalt ACSM seisukohale võib EA olla kas optimaalne, vähenenud (koos söömishäirega või ilma söömishäireta) või madal (koos söömishäirega või ilma söömishäireta). LEA korral on elutähtsate füsioloogiliste funktsioonide täitmiseks allesjääv energia väärtus piiratud, näiteks on sellest tingitult häiritud termoregulatsioon ja reproduktsioonivõime (De Souza et al., 2014; Nattiv et al., 2007). Ebaadekvaatne EA võib olla põhjustatud EEE suurendamisest, EI vähendamisest või kahe eelnimetatud võimaluse kombinatsioonist. Lisaks võib esineda häirunud söömiskäitumist koos ekstreemsete kaalulangetusmeetoditega, nagu nälgimine, esilekutsutud oksendamine, lahtistite ja diureetikumide kasutamine (Nattiv et al., 2007; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004; Wiksten-Almströmer et al., 2007).

Menstruaalfunktsioon võib olla korrapärane (eumenorröa), häirunud (iseloomulik lühike luteaalfaas ja anovulatsioon– oligomenorröa) või tugevalt häirunud (amenorröa) (Loucks & Thuma, 2003; Melin et al., 2015; Nattiv et al., 2007). Amenorröa ehk menstruaaltsükli puudumine jaguneb primaarseks ja sekundaarseks. Primaarne amenorröa

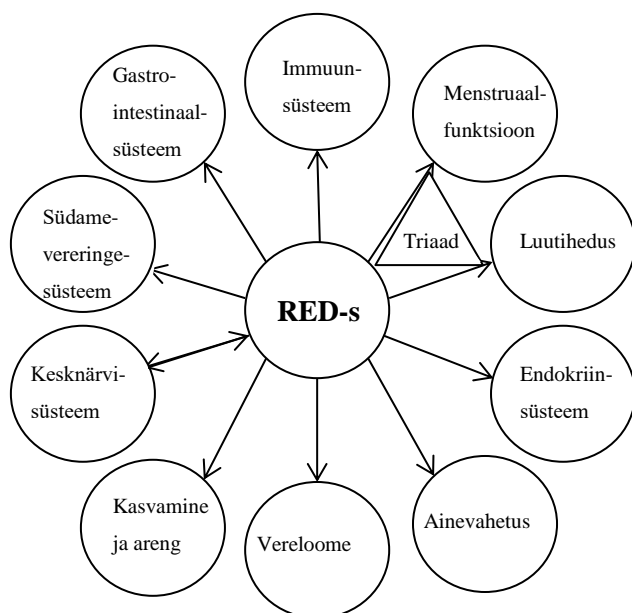
tähendab menarhe ehk esmase menstruaaltsükli puudumist 15. eluaastaks (Mountjoy et al., 2014). Sekundaarne amenorröa tähendab kolme või enama järjestikuse menstruaaltsükli puudumist pärast menarhet (Civil et al., 2019; Melin et al., 2014; Nattiv et al., 2007). Samuti on naissportlaste seas sage probleem ebaregulaarne menstruaaltsükkel (oligomenorröa), mille korral on menstruatsioonide vahel üle 35 päeva (Melin et al., 2014; Melin et al., 2015; Mountjoy et al., 2014).

LEA-st põhjustatud menstruaalfunktsiooni häirumine võib viia funktsionaalse hüpotalaamilise amenorröani (FHA), mille tekkemehhanism pole täielikult selge (Caronia et al., 2011; Melin et al., 2014). Melin et al. (2015) poolt teostatud seitsmepäevase uuringu põhjal esineb LEA-st põhjustatud FHA-d 60%-l vastupidavuselade naissportlastest. FHA korral on tegu häirega menstruaaltsükli reguleerival hüpotalamo-hüpofüsaar-gonadaalsel süsteemis, mis on põhjustatud hüpotalamuses gonadotropiine vabastava hormooni (GnRH) sekretsiooni inhibeerimisest (Caronia et al., 2011; Gordon et al., 2017). GnRH pulsatsiooni pärssimine põhjustab hüpofüüsi eessagars gonadotropiinide, peamiselt folliikuleid stimuleeriva hormooni (FSH) ja luteiniseeriva hormooni (LH) sekretsiooni languse. FSH ja LH stimuleerivad folliikulite küpsemist munasarjas, steroidhormoonide (östrogeen, progesteron, testosteron) sünteesi ja ovulatsiooni esilekutsumist, seega alanenud FSH ja LH sekretsioon põhjustab steroidhormoonide kontsentratsiooni languse veres (Caronia et al., 2011; Gordon et al., 2017; Melin et al., 2014).

Viimane FAT-i komponent – mineraalne luutihedus – võib olla optimaalne, vähenenud (osteopeenia) või madal (osteoporoos) (De Souza et al., 2014). Osteoporoosi korral domineerib luu resorptsioon luu formeerumise üle, millega kaasneb madal mineraalne luutihedus, vähenenud luu mass, nõrgenenud luukoe struktuur ja sellest tulenevalt kõrge stressmurdude risk (De Souza et al., 2014; Loucks et al., 2011; Wiksten-Almströmer et al., 2009). Wiksten-Almströmer et al. (2009) uuringu põhjal saab väita, et kehaliselt aktiivsetel indiviididel on mineraalne luutihedus kõrgem kui kehaliselt väheliikuvatel isikutel. Samas on leitud, et häirunud menstruaalfunktsiooniga naistel on mineraalne luutihedus madalam (Heikura et al., 2018; Wiksten-Almströmer et al. 2009) ja hilisemas eas on osteoporoosi tekke risk suurem kui häireteta menstruaaltsükliga naistel (Davies et al., 1990). Baxter-Jones et al. (2011) on uuringutulemustes järeldanud, et naiste puhul saavutatakse luu tippmass 19. eluaastaks, millest järeldab käesoleva töö autor, et adekvaatne toitumine ja optimaalne EA on lapse- ja noorukieas eriti olulise tähtsusega. Uuringud pole kinnitanud, et vähenenud luutihedust oleks võimalik hilisemalt taastada endisele tasemele (De Souza et al., 2014; Hind

2008), millest tulenevalt on bakalaureusetöö autori arvates õigeaegne sekkumine ja LEA tagajärgede ennetamine esmatähtis.

2014. a toimus energia defitsiidi käsitleluses oluline edasimineku, kui toodi välja, et LEA-st tulenevad tagajärjed on triaadist ulatuslikumad ning haaravad samuti meessportlasi (Mountjoy et al., 2014). Sellest tulenevalt tutvustati Rahvusvahelise Olümpiakomitee poolt esmakordselt terminit „RED-s“, viidates energia defitsiidist põhjustatud organismi vähenenud füsioloogilisele võimekusele, mis hõlmab häireid paljudes organsüsteemides (Mountjoy et al., 2014, 2018), nagu on esitletud joonisel 2. Täpsem ülevaade RED-s-i tagajärgedest nais- ja meessportlaste organsüsteemidele ja füsioloogilistele protsessidele on toodud bakalaureusetöö peatükis „Madalast energia saadavusest põhjustatud suhtelise energia defitsiidi tagajärjed spordis“.



Joonis 2. Suhtelise energia defitsiidi võimalikud tagajärjed sportlase organsüsteemidele ja füsioloogilistele protsessidele (tõlge, Mountjoy et al., 2018).

2. ENERGIA SAADAVUS

Rahvusvahelise Olümpiakomitee konsensusele tuginedes on RED-s-i käsitluse keskseks komponendiks energia saadavus (EA) (Mountjoy et al., 2014, 2018). Definitsiooni kohaselt on EA organismi füsioloogiliste protsesside, nagu termoregulatsioon, reproduktsioon, kasvamine, immuunfunktsioon (Loucks et al., 2011) katmiseks allesjääv energia, mida arvutatakse kehalise treeningu käigus kulutatud energia lahutamisel toiduenergiast (Burke et al., 2018a; Loucks et al., 2011; Mountjoy et al., 2014). Arvutustel leitakse EA, mitte organismi energiabilanss, kuna viimase puhul arvestatakse toiduenergiast maha kogu kehalise aktiivsuse käigusega kaasnev energiakulu ning sel juhul ei arvestata sportlaste puhul adekvaatselt, kas füsioloogilised protsessid toimuvad normipäraselt või on see energiavaeguse tõttu häirunud. Seevastu näitab EA, kui palju energiat jääb füsioloogiliste funktsioonide täitmiseks (Loucks et al., 2011). EA väärtust arvestatakse rasvavaba massi kohta (FFM), väljendades sel viisil organismi metaboolselt aktiivseimate rakkude staatust, kuna rasvavaba massi energiakulu on suurem kui rasvamassi energiakulu (Burke et al., 2018a). Valemina esitledes näeb EA arvutus välja järgnev:

$EA = [EI \text{ (kcal)} - EEE \text{ (kcal)}] / FFM \text{ (kg) päevas}$, kus EA tähistab energia saadavust, EI toiduenergiat, EEE kehalise treeningu käigus kulutatud energiat ja FFM rasvavaba massi (Mountjoy et al., 2014).

Kehaliselt aktiivsete indiviidide puhul peetakse optimaalseks EA väärtuseks ≥ 45 kcal/kg/FFM päevas, tagamaks adekvaatse energia saadavuse elutähtsate füsioloogiliste funktsioonide normipäraseks talitluseks (Burke et al., 2018a; De Souza et al., 2014; Ihle & Loucks, 2004; Loucks & Thuma, 2003). Kui $EA \geq 45$ kcal/kg/FFM-i kohta päevas tähistab optimaalset EA-d, siis sellest madalam energia saadavus vahemikus 30-45 kcal/kg/FFM-i kohta päevas tähistab vähenenud EA-d ja $EA < 30$ kcal/kg/FFM päevas tähistab LEA-d, mille korral toimuvad organismis energia defitsiidist tingitud füsioloogilised muutused. Viimase kümnendi teadusallikates tuuakse naissportlaste puhul lisaks välja järgmised hindamiskriteeriumid: kliiniline LEA ($EA < 30$ kcal/kg/FFM-i kohta päevas) ja subkliiniline LEA ($EA = 30-45$ kcal/kg/FFM-i kohta päevas) (Melin et al., 2015).

2.1. Madal energia saadavus spordis

LEA korral ei ole EI piisav EEE kompenseerimiseks ega füsioloogiliste funktsioonide adekvaatseks toimimiseks. Kehaliselt aktiivsete naiste seas on LEA tingimustes võrreldes

algnäitajatega täheldatud langenud trijoodtüroniini (T3), insuliini, LH, insuliinisarnase kasvufaktori-1 (IGF-1) kontsentratsiooni veres ning kortisooli taseme tõusu (Loucks et al., 1998). Reed et al. (2015) leidsid oma uuringus, et häirunud menstruaaltsükliga naissportlaste EA oli madalam kui normipärase menstruaaltsükliga sportlastel.

LEA ja naissportlaste vahelist seost on teaduskirjanduses põhjalikult käsitletud, kuid LEA probleemist on haaratud samuti meessportlased (Mountjoy et al., 2018), millele pöörati tähelepanu Rahvusvahelise Olümpiakomitee konsensususes (Mountjoy et al., 2014). Kehaliselt aktiivsete meesüliõpilaste seas teostatud uuringus täheldati LEA tingimustes (EA= 15 kcal/kg/FFM-i kohta päevas) lehtiini ja insuliini taseme olulist langust veres, sealjuures ei omanud LEA erilist mõju T3, testosterooni ja IGF-1 tasemele (Koehler et al., 2016). Käesoleva töö autor soovib rõhutada meessportlaste LEA käsitlemise tähtsust, mille kohta leidub hetkel tunduvalt vähem informatsiooni kui naissportlaste LEA käsitlemise kohta. Teaduskirjandusele toetudes näeb töö autor vajadust edasiste teadusuuringute järele, mis uuriks detailsemalt LEA-st põhjustatud muutusi kehaliselt aktiivsete meeste organismis (Burke et al., 2018b).

2.2. Madala energia saadavuse sagedusnäitajad sportlastel

Teadusallikatele tuginedes on RED-s-i peamiseks põhjuseks LEA (Burke et al., 2018a; Fagerberg, 2018), mille esinemissagedus on suurem kaalukategooriatega ja esteetiliste spordialadega tegelevate sportlaste seas (Mountjoy et al., 2014, 2018). Läbilõikeuuringute hinnangul esineb LEA-d 51%-l kuni 63%-l sportlastest (Koehler et al., 2013; Melin et al., 2015). Heikura et al. (2018) poolt kesk- ja pikamaajooksjate seas teostatud uuringus leiti, et LEA-d esines 31%-l eliitnaissportlastest ja 25%-l eliitmeessportlastest. 2015. aastal teostati Ameerika kergejõustiklaste seas uuring, mille valimisse kuulusid pikamaajooksjad, sprinterid, kaugus-, kõrgushüppajad ning tõkkejooksjad. Uuringutulemused näitasid, et LEA-d esines 52%-l sportlastest, lisaks märgiti, et EA oli optimaalsest madalam 92%-l sportlastest (Day et al., 2015), mis bakalaureusetöö autori arvates viitab selgelt RED-s-i probleemistiku laiemale ulatusele spordis.

LEA levimus varieerub olenevalt spordialast (Mountjoy et al., 2018). Meessportlaste hulgas on suurema riskiga jalgratturid, sõudjad, pikamaajooksjad, kaaluklassidega võitlussportlased ja džokid (Barrack et al., 2017; Burke et al., 2018b; Mountjoy et al., 2018; Viner et al., 2015). Kuigi meessportlaste EA- d käsitlevaid uuringuid on vähem, usutakse, et LEA esinemissagedus mees- ja naissportlaste vahel oluliselt ei erine (Mountjoy et al., 2014). Jalgratturitega teostatud uuringus selgus, et LEA-d esines võistlushooajaeelselt 70%-l, võistlusperioodil 90%-l, hooajaväliselt 80%-l ja kogu hooaja vältel 70%-l ratturitest,

sealjuures ei täheldatud olulist erinevust mees- ja naissportlaste EA vahel (Viner et al., 2015). Koehler et al. (2013) poolt läbi viidud uuringus vastupidavusalade sportlastega on järeldatud, et LEA-d esineb 58%-l meestest ja 51%-l naistest. Siiski, leidub teadusallikaid, mille kohaselt on LEA koos häirunud söömiskäitumisega naissportlaste hulgas levinum kui meessportlaste seas (Melin et al., 2015; Mountjoy et al., 2018; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004). Melin et al. (2015) andmetel esineb 20%-l vastupidavusalade naissportlastest LEA ja 25%-l sportlastest esineb kliiniliselt diagnoositud söömishäire.

Kokkuvõtvalt, LEA esinemissagedus erineb teadusuuringute lõikes väga suures ulatuses. Erinevus võib olla tingitud eelkõige EA objektiivse hindamisega kaasnevatest probleemidest, sealhulgas standardsete hindamismeetodite puudumisest (Burke et al., 2018a; Mountjoy et al., 2018). Pole ühtset protokoll, mis sätestaks kindlad EA hindamiskriteeriumid, eeskätt uuringuperioodi kestuse või EI ja EEE hindamismetoodika (Mountjoy et al., 2018). Sportlaste EI ja EEE mõõtmiseks kasutatakse sageli küsimustikke ja personaalseid treeningpäevikuid, mille valiidsust ei ole võimalik kontrollida (Burke et al., 2018a; Heikura et al., 2018; Koehler et al., 2013; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004; Viner et al., 2015). Kuna enamik teadusuuringutest on teostatud erinevate hindamiskriteeriumite alusel, on keeruline tulemusi võrrelda (Mountjoy et al., 2018). Lisaks on paljude uuringute uuritavate arv usaldusväärsele järelduste ja üldistuste tegemiseks liiga väike (Day et al., 2015; Mountjoy et al., 2018).

2.3. Madala energia saadavuse riskifaktorid sportlastel

LEA võib olla tekitatud kas tahtlikult, kui sportlane langetab teadlikult toiduenergiat, või tahtmatult (Nattiv et al., 2007; Civil et al., 2019), näiteks kui sportlane pole suure treeningmahu korral EEE suuruselt teadlik või pole suuteline tarbima piisavalt toiduenergiat EEE kompenseerimiseks (Burke et al., 2018a). LEA kujunemisele aitavad kaasa EI mittevastavus EEE kulutustega, järsk treeningkoormuse tõus (Burke et al., 2018a; Mountjoy et al., 2018), rahulolematuse oma välimusega (Loucks et al., 2011), madal kehamassiindeks ($<18,5 \text{ kg/m}^2$) (Day et al., 2015), äärmuslike kaalulangetusmeetodite rakendamine (Civil et al., 2019; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004), madal enesehinnang, depressioon, ärevushäired ja söömishäired (Nattiv et al., 2007). Lisaks omab sportlase tervisele ohtu kõrgete treeningmahtudega ja kõrge intensiivsusega treenimine (Civil et al., 2019; Fagerberg, 2018; Heikura et al., 2018). Loucks et al. (2011) andmetel on LEA kujunemise riskifaktoriteks järgnevad tegurid:

- 1) vähenenud EI ja/ või suurenenud EEE;
- 2) madala kehakaalu ja kehamassiindeksi saavutamine ekstreemsete meetoditega;
- 3) häirunud söömiskäitumise või söömishäire esinemine koos psüühikahäirega.

LEA võib kulgeda nii häirunud söömiskäitumise või söömishäirega kui ka ilma häirunud söömiskäitumiseta või söömishäireta (Civil et al., 2019). LEA koos häirunud söömiskäitumisega on enim levinud kaalukategooriatega-, esteetiliste-, vastupidavus- ja hüppealadega tegelevate naissportlaste hulgas, kuid on sage nähtus ka eelnimetatud aladega tegelevate meessportlaste ning eelkõige meesjalgratturite seas (Mountjoy et al., 2014, 2018; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004). Häirunud söömiskäitumine võib viia kliiniliselt diagnoositud söömishäireteni, nagu anoreksia (*anorexia nervosa*), buliimia (*bulimia nervosa*), teisiti täpsustamata söömishäire (*eating disorders not otherwise specified*) (Torsveit et al., 2008). Söömishäired kuuluvad psüühikahäirete hulka, mida iseloomustab püsiv rahulolematuse oma väljanägemisega ja sellest tulenev kinnisidee langetada tahtlikult kehakaalu (De Souza et al., 2014). Norra eliitsportlaste seas teostatud uuringus leiti, et rahulolematuse oma välimusega ilmneb juba noorukieas, olles väljendunud peaaesjalikult naissportlaste hulgas, kes on seetõttu rohkem häirunud söömiskäitumise kujunemisele dispooneeritud (Martinsen et al., 2010). Meessportlastest ligikaudu üheksa korda rohkem naissportlasi üritab aktiivselt kehakaalu langetada, endi sõnul eeskätt esteetilistel põhjustel, mitte niivõrd sportliku saavutusvõime parandamiseks (Loucks et al., 2011; Martinsen et al., 2010).

Sundgot-Borgen ja Torstveit (2004) kirjeldasid kliiniliste ja subkliiniliste söömishäirete levimust vastupidavusalade sportlaste seas ja tavapopulatsioonis. Sportlaste rühma kuulus 572 nais- ja 687 meessportlast, tavapopulatsiooni kontrollrühma kuulus 574 sportlaste rühmaga samaealist naist ja 629 meest. Söömishäirete riski hinnati küsimustikuga 'Eating Disorder Inventory-2' ning sellele järgnenud standardiseeritud kliinilise intervjuuga. Uuringutulemustest selgus, et kliinilisi ja subkliinilisi söömishäireid esines rohkem sportlaste hulgas (13,5%) kui tavapopulatsioonis (4,6%), sealjuures oli suurema riskiga kaalutundlike, eriti esteetiliste (42%) spordialadega tegelevad sportlased. Sportlaste rühmas esines söömishäire 20%-l nais- ja 8%-l meessportlastest, kontrollrühmas vastavalt 9%-l naistest ja 0,5%-l meestest. Sarnaseid tulemusi demonstreerib Torsveit et al. (2008) teostatud uuring, mille tulemusel järeldati, et kliiniliselt diagnoositud söömishäirete esinemissagedus on kõrgem esteetiliste aladega tegelevate eliitsportlaste seas (46,7%) ning madalam kontrollgruppi kuulunud harrastajate seas (21,4%). Sundgot-Borgen ja Torstveit (2004) tõdesid, et söömishäirete sümptomite õigeaegseks märkamiseks ja ennetamiseks on vajalik treenerite, lapsevanemate, sportlaste, spordiarstide ning psühholoogide vaheline koostöö. Käesoleva bakalaureusetöö autor nõustub uuringu teostajatega, et riskigruppi kuuluvaid eliitsportlasi tuleb süstemaatiliselt skriinida (Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004).

3. MADALAST ENERGIA SAADAVUSEST PÕHJUSTATUD SUHTELISE ENERGIA DEFITSIIDI TAGAJÄRJED SPORTLASTEL

RED-s-i sündroomi korral pole organismil elutähtsate füsioloogiliste funktsioonide normipäraseks toimimiseks piisavalt energiat. RED-s-i peamiseks põhjuseks on LEA, mille puhul ei vasta toiduenergia kehalise treeningu energiakulutustele (Mountjoy et al., 2018). Püsiva LEA tulemusel häirub sportlase tervislik seisund ja langeb sportlik saavutusvõime (Nattiv et al., 2007). Toitainete vaegus (Viner et al., 2015), krooniline väsimus ja suurenenud risk nakatuda hingamisteede infektsioonidesse on vaid mõned näited LEA ebasoodsatest tulemustest. Organsüsteemid ja füsioloogilised protsessid, mis võivad olla RED-s-i ja seda põhjustava LEA poolt negatiivselt mõjutatud, on Rahvusvahelise Olümpiakomitee konsensuse käsitluse põhjal järgnevad: endokriinsüsteem, menstruaalfunktsioon, luutihedus, ainevahetus, vereloome, kasvuprotsessid, südame-vereringesüsteem, gastrointestinaal-, immuun- ja kesknärvisüsteem (Mountjoy et al., 2018).

3.1. Endokriinsüsteem

LEA tingimustes langeb hormoonide sekretsioon ning reproduktsioonivõime, kuna organism keskendub füsioloogilistele protsessidele, mis on inimorganismi eksisteerimiseks esmatähtsad. Energia defitsiidi korral toimuvad olulised muutused eelkõige hüpotalamo-hüpofüsaar-gonadaalses süsteemis, kilpnäärme-, kõhunäärme- ja neerupealiste talitluses ning isu reguleerivate hormoonide sekretsioonis (Mountjoy et al., 2018). Täpset muutuste ulatust on raske tuvastada, kuna kaasaegsed teadusuuringud on keskendunud peaaesjalikult LEA lühiajaliste tagajärgede väljaselgitamisele ning LEA pikaajalist mõju endokriinsüsteemile on vähem uuritud (Elliott-Sale et al., 2018). Samuti pole veel täpselt teada EA piirväärtust, mille korral hakkavad organismis füsioloogilised muutused LEA kompenseerimiseks toimuma, kuna EA variatiivsus võib olla väga individuaalne (Loucks & Thuma, 2003).

Heikura et al. (2018) on näidanud, et LEA puhul on iseloomulik suguhormoonide taseme langus. Uuringutulemuste põhjal esines 37%-l naissportlastest amenorröa koos madala östradiooli tasemega veres ning 40%-l meessportlastest madal testosterooni kontsentratsioon. Valimis täheldati lisaks langenud IGF-1, T3 ning insuliini taset veres. IGF-1 on põhiliselt maksarakkudes sünteesitav peptiid, mis on kasvuhormooni (GH) mediaatoriks. Hüpofüüsi eessagaras sünteesitud GH stimuleerib lihas- ja luukoe kasvu, valgusünteesi ning mõjutab organismis lipiidide regulatsiooni (Elliott-Sale et al., 2018). Loucks ja Thuma (2003) leidsid

oma uuringus, et normipärase menstruaaltsükliga naiste EA äärmuslikul vähendamisel (EA= 10-20 kcal/kg/FFM-i kohta päevas) intensiivistus GH sekretsioon ning langes IGF-1 kontsentratsioon veres, samuti langes T3, insuliini, glükoosi ja leptiini tase ning tõusis kortisooli tase. Sarnaseid tulemusi on täheldatud meessportlaste seas, kellel langes võistlushooajal LEA foonil oluliselt IGF-1 kontsentratsioon (Elliott-Sale et al., 2018). Meessportlaste seas sooritatud uuringu tulemustes täheldati insuliini taseme langust, insuliinitundlikkuse tõusu ning sellest tulenevalt glükoosi kontsentratsiooni langust veres (Koehler et al., 2016). Perseghin et al. (2009) poolt teostatud uuringus eliitmeessportlastega leiti, et pikaajalise LEA puhul langeb leptiini ja kilpnäärme hormoonide– eeskätt T3 tase veres. Uuringu autorid kinnitasid, et ülemääraselt suured treeningkoormused põhjustavad endokriinsüsteemi regulatsioonihäireid ning kilpnäärme talitluse regulaarne monitoorimine võib osutada efektiivseks vahendiks LEA õigeaegsel tuvastamisel ning RED-s-i ennetamisel sportlaste seas.

Energia defitsiit mõjub negatiivselt hüpotalamuse hormooni GnRH pulsatsiooni sagedusele ja amplituudile, millest tingitult langeb hüpofüüsi eessagaras GnRH-st sõltuvate hormoonide LH ja FSH sekretsioon. Loucks ja Thuma (2003) leidsid oma uuringus, et LH pulsatsioon on häirunud, kui EA väärtus on madalam kui 30 kcal/kg/FFM-i kohta päevas. Analoogselt on meessportlaste seas kirjeldatud LH ja FSH pulsatsiooni ning testosterooni kontsentratsiooni langust veres, mis võib põhjustada hüpogonadismi (Elliott-Sale et al., 2018).

3.2. Menstruaalfunktsioon

Kaasaegsed teadusuuringud kinnitavad, et LEA-st põhjustatud GnRH-i pulsatsiooni langus tingib suguhormoonide alanenud taseme veres koos võimaliku follikulogeneesi häirumise ja anovulatsiooni tekkimisega (Gordon et al., 2017). Häired hüpotalamo-hüpofüsaar-gonadaalses süsteemis võivad naissportlaste puhul kulmineeruda FHA kujunemisega (Gordon et al., 2017; Melin et al., 2014).

Reed et al. (2015) on korraldanud uuringu, mille jooksul hinnati 91-e häirunud menstruaaltsükliga naissportlaste EA-d. Uuringutulemustest selgus, et eumenorröa esines 45%-l uuritavatest, oligomenorröa 22%-l ning amenorröa 33%-l naissportlastest. Autorid kinnitasid, et sportlaste EA oli amenorröa puhul madalam kui eumenorröa puhul. Civil et al. (2019) uuringutulemuste põhjal esines 40%-l naissportlastest menstruaalfunktsiooni häire: 15%-l oligomenorröa ja 25%-l sekundaarne amenorröa. Küsimustikuga '*Low Energy Availability in Females Questionnaire*' hinnates esines 65%-l uuritavatest kõrgenud risk RED-s-i tekkeks. Uuringu autorid tõdesid, et RED-s-i ennetamiseks tuleb eliitsportlaste seas

kasvatada teadlikkust LEA-ga kaasnevate ohtude ja optimaalse EA tähtsuse kohta ning skriinida perioodiliselt RED-s-i riskitegureid.

3.3. Luutihedus

RED-s mõjutab mineraalset luutihedust negatiivselt, põhjustades luukoe struktuuris muutusi, mis võib kulmineeruda osteopeenia või osteoporoosi kujunemisega (Mountjoy et al., 2014; Nattiv et al., 2007; Wiksten-Almströmer et al., 2009). Maailma Terviseorganisatsiooni definitsiooni kohaselt on tegemist skeletisüsteemi haigusega, millele on omane luude massi vähenemine ja hapraks muutumine koos luumurdude tekkeriski suurenemisega (Cosman et al., 2014). Osteoporoosi diagnoosimiseks on vajalik määrata mineraalne luutihedus luudensitomeetria (DXA) meetodil, mis teostatakse reeglina lülisamba nimmeosast (L1-L4) või reieluukaela piirkonnast (Civil et al., 2019; Viner et al., 2015). Tulemused väljendatakse standardhälvena (SD) ehk kõrvalekaldena populatsiooni tulemuste keskväärtusest, mis esitatakse kas T-skoorina (uuritava luutihedus võrrelduna keskmise tervete täiskasvanute maksimaalse luutihedusega) või Z-skoorina (uuritava luutihedus võrrelduna samast soost, rassist ja sama vanade isikute keskmise luutihedusega). Vastavalt Maailma Terviseorganisatsiooni osteoporoosi diagnoosimise kriteeriumitele vastab optimaalsele luutihedusele T-skoor ± 1 SD, madalale luutihedusele T-skoor -1 SD kuni $-2,5$ SD ja osteoporoosile $\leq -2,5$ SD. Lisaks eristatakse väga rasket osteoporoosi, mille korral tuvastatakse T-skoor $\leq -2,5$ SD koos luumurru/-murdude esinemisega (Cosman et al., 2014; Nattiv et al., 2007). Z-skoor -1 SD kuni -2 SD tähistab eeldatavast ealisest normist madalat luutihedust, Z-skoor < -2 SD osteoporoosi (Mountjoy et al., 2014). Laste ja noorte täiskasvanute (premenopausaalsed naised, < 50 a mehed) luutiheduse määramisel eelistatakse adekvaatsete tulemuste saamiseks vanuse, soo ja rassi järgi kohandatud Z-skoori (Cosman et al., 2014).

Ihle ja Loucks (2004) on LEA innemmisega organismis täheldanud osteoporoosile iseloomuliku luu formeerumise vähenemist ja resorptsiooni domineerimist. Osteoporoosi kujunemine hilisemas vanuses võib olla põhjustatud juba lapse- ja noorukieas alguse saanud luutiheduse vähenemisest (Nattiv et al., 2007), millest järeldeb käesoleva töö autor, et optimaalse EA ja mineraalse luutiheduse tagamine ning luu tippmassi saavutamine on terve kasvuperioodi vältel olulise tähtsusega. Mida enam luutihedus või T-skoor väheneb, seda enam suureneb luumurdude tekkerisk (Cosman et al., 2014). Lisaks suurendavad murdude riski varasemate fraktuuride esinemine, häirunud söömiskäitumine, toitainete vaegus, ülemäärane treenimine (Mountjoy et al., 2014), madal kehamassiindeks ja hüpoöstrogeneemia (Barrack et al., 2017; Cosman et al., 2014; Ihle & Loucks, 2004; Mountjoy et al., 2018).

Östrogeen on steroidhormoon, mis soodustab kaltsiumi absorptsiooni luukoesse, soodustab trabekulaarse luu mineraliseerumist, kortikaalse luu kasvu ja luukoe valkude sünteesi (Mountjoy et al., 2014). Luukude on dünaamiline kude ja uueneb pidevalt. Ihle ja Loucks (2004) on järeldanud, et östrogeeni defitsiidi korral toimub luukoe resorptsioon osteoklastide poolt kiiremini kui luukoe formeerumine osteoblastide poolt, mistõttu kaotab luu oma senise tugevuse ja muutub hapraks (Nattiv et al., 2007). Samuti mõjutab luukoe remodelleerimist testosteroon, soodustades luu formeerumist ja kaltsiumi absorptsiooni. Sarnaselt östrogeeni defitsiidile naistel omab meessoost isikutel madal testosterooni tase luutihedusele negatiivset efekti (Mountjoy et al., 2014). Siinkohal on uuringute ja ka käesoleva töö autori arvates oluline edasiste uuringute taotlemine eeskätt meessportlastel, et selgitada välja LEA täpsem mõju luukoe remodelleerimisele.

Heikura et al. (2018) hinnangul suurendab madal testosterooni tase (testosterooni referentsväärtused 9-38 nmol/L) luumurdude tekkeriski. Kõnealuses kohortuuringus osalesid eliit-tasemel kesk- ja pikamaajooksjad ning võistluskäijad, kellel hinnati EA-d, reproduktiivset funktsiooni, luutihedust, stressmurdude esinemissagedust ja söömiskäitumist. RED-s-i riski hinnati madalaks 50%-l juhtudest, mõõdukaks 29%-l ning kõrge 21%-l meessportlastest, mille määramiseks kasutati RED-s-i hindamisskaalat. Skaala sisaldas järgmist: LEA, amenorröa, madal testosterooni tase, Z-skoor < -1 SD koos varasemate stressmurdude esinemisega viimase 12 kuu ning kogu sportlaskarjääri jooksul. Luutihedust mõõdeti DXA meetodil ning Z-skoor määrati lülisamba nimmeosast ja reieluukaelast. Uuringutulemustes leiti positiivne korrelatsioon madala testosterooni taseme ja kogu sportlaskarjääri jooksul varasemalt esinenud luumurdude vahel.

Luu mikroarhitektuuri ja -massi säilitamiseks ning fraktuuride ennetamiseks on tähtis mikrotoitainete, eelkõige kaltsiumi ja selle omandamist soodustava D-vitamiini adekvaatne tarbimine toiduga (Cosman et al., 2014). Mountjoy et al. (2018) andmetel on D-vitamiini soovituslik tarbimiskogus on 600-800 IU/päevas, kaltsiumi soovituslik tarbimiskogus 19-50 a naistel ja meestel on 1000 mg/päevas, 9-18 a lastel on 1300 mg/päevas. Luukoes talletatakse 99% kaltsiumi varudest. LEA ja kaltsiumivaeguse korral hakkab luukoe kaltsium vähenema, et säilitada kaltsiumi optimaalne tase veres ning selle tulemusel luu mineralisatsioon muutub (Cosman et al., 2014). Viner et al. (2015) poolt jalgratturite seas läbi viidud uuringust selgus, et pikaajaline LEA soodustab sportlase organismis mikrotoitainete defitsiidi kujunemist. Toitainete vaeguse tõttu kasutas 90% uuritavatest endi sõnul regulaarselt toidulisanditena kaltsiumit ja D-vitamiini. Uuringu autorid rõhutasid, et sportlased peavad toituma mitmekesiselt, katmaks toitainete vajadust organismis.

Kaye et al. (2018) poolt läbi viidud uuringus on kirjeldatud LEA mõju meessportlaste luutihedusele. LEA hindamiseks kasutati kliinilise intervjuu ja spordialaspetsiifilise küsimustiku kombinatsiooni '*Sport-specific energy availability questionnaire and interview*'. Luutihedus määrati DXA meetodil lülisamba nimmeosas ja reieluukaelast. Valimisse kuulus 50 jalgratturit, kellest 28%-l täheldati pikaajalist LEA-d (kestusega > 12 kuu). Madalat luutihedust täheldati 44%-l jalgratturitest (Z-skoor $-2,0 \pm 0,6$ SD), mis erines märkimisväärselt adekvaatse EA-ga meessportlaste luutihedusest (Z-skoor $-0,4 \pm 1,1$ SD). Uuringu autorid järeldasid, et spetsiaalselt jalgratturitele koostatud spordialaspetsiifiline küsimustik osutus efektiivseks vahendiks meessportlaste LEA hindamisel ja RED-s-i tagajärgede tuvastamisel.

Mooses et al. (2017) hindasid Keenia eliit vastupidavusalade sportlaste luutihedust DXA meetodil. Uuringus osales 26 nais- ja 20 meessportlast. Tulemustest selgus, et madal luutihedus (Z-skoor < -1 SD) esines 39%-l naistest ning 30%-l meestest. Autorid kinnitasid edasiste uuringute vajadust RED-s-i komponentide mõju hindamiseks sportlaste organismile.

3.4. Ainevahetus

Organism reguleerib LEA tingimustes kompensatoorselt ainevahetust ja vähendab energiakulu, tagamaks füsioloogiliste protsesside toimimise (Elliott-Sale et al., 2018; Mountjoy et al., 2018). Organismi energiakulu kolmest komponendist – kehaline aktiivsus, termogenees ja ainevahetuse põhikäive (RMR) – moodustab suurima osa RMR (Spaeth et al., 2015). Energia defitsiidi korral on sportlastel täheldatud RMR-i langust (De Souza et al., 2014; Elliott-Sale et al., 2018; Loucks et al., 2011; Melin et al., 2015). Melin et al. (2015) võrdlesid seistmepäevase uuringuperioodi jooksul normipärase ning häirunud menstruaaltsükliga naissportlaste ainevahetust. Autorid leidsid, et RMR oli madalam amenorröa esinemisel. Meeste seas on poksi ja võitluskunstiga tegelevate sportlaste näitel leitud, et LEA-ga sportlastel on RMR oluliselt madalam kui optimaalse EA-ga sportlastel (Burke et al., 2018b; Elliott-Sale et al., 2018).

3.5. Vereloom

Energia defitsiit mõjutab negatiivselt vereloomet ning põhjustab häireid hapniku transpordil kudedesse. Mountjoy et al. (2018) on täheldanud ferritiini taseme langust ning rauavaegusaneemia kujunemist LEA-ga sportlastel. Eeskätt naissportlastel esinev rauavaegusaneemia võib olla põhjustatud vähenenud EA-st või raua ebapiisavast kogusest toidus. Raud aitab hemoglobiini hapnikku siduda ja transportida, sellest tulenevalt on rauavaeguse korral häirunud kudede varustatus hapnikuga. Lisaks võib rauavaegus mõjutada luu mineralisatsiooni läbi GH/IGF-1 telje düsregulatsiooni, hüpoksia ja hüpotüreooosi.

3.6. Kasvamine ja areng

Rahvusvahelise Olümpiakomitee on oma konsensuses käsitlenud LEA mõju kasvuprotsessidele, keskendudes peaaesjalikult noorsportlastele, kellel esineb kliiniliselt diagnoositud söömishäire. Autorite hinnangul võib ebapiisav EA ja söömishäire esinemine noorukieas põhjustada kasvupeetust. Teadusuuringud on kinnitanud, et anoreksia korral langeb IGF-1 tase veres ning intensiivistub GH sekretsioon (Mountjoy et al., 2018).

3.7. Südame-vereringesüsteem

LEA mõjutab südame-veresoonkonna seisukorda ebasoodsalt, põhjustades potentsiaalselt endoteeli düsfunktsiooni ning sellest tulenevalt on ateroskleroosi risk kõrgem (Mountjoy et al., 2018). Kriitiliselt madala EA esinemisel võivad kujuneda mitmed kardiovaskulaarsed häired, nagu südameklapi rikked ja arütmia, samuti on anoreksia diagnoosiga naissportlaste seas täheldatud bradükardiat, hüpotensiooni ja perikardi efusiooni esinemist (Mountjoy et al., 2014, 2018). Südame-vereringesüsteemi häireid on täheldatud ka meessportlaste seas, kes langetavad teadlikult kehamassi ning kelle EA <25 kcal/kg/FFM-i kohta päevas (Fagerberg, 2018).

3.8. Gastrointestinaalsüsteem

LEA tulemusel tekivad häired gastrointestinaalsüsteemi talitluses. Norris et al. (2016) leidsid, et LEA ja söömishäired võivad põhjustada aeglustunud sooletegevust ja mao tühjenemist, sooleobstruktsiooni, pankrease- ja maksatalitluse häireid, kõhukinnisust ja anorektaalseid probleeme. Eliitsportlaste seas teostatud uuringus tuvastati negatiivne korrelatsioon LEA ja seedetrakti funktsioneerimise vahel (Melin et al., 2014).

3.9. Immuunsüsteem

Vähenenud EA korral langeb immuunsüsteemi vastupanuvõime haigustekitajate suhtes, millest tulenevalt suureneb risk nakatuda infektsioonidesse. Naissportlaste seas läbi viidud teadusuuringud on märkinud LEA ja häirunud menstruaaltsükli puhul suurenenud riski haigestuda ülemiste hingamisteede viirusinfektsioonidesse (Loucks et al., 2011; Mountjoy et al., 2018). Kaitsevõime langust saab seletada immuunrakkude, sealhulgas neutrofiilide vähenemisega kõrge treeningkoormuse tagajärjel (Gleeson, 2007). Loucks et al. (2011) järeldasid, et optimaalne EA ja piisav toitainete tarbimine toetavad sportlase immuunsüsteemi toimimist ning on eriti tähtsad immuunpuudulikkusega inimeste jaoks.

3.10. Kesknärvisüsteem

LEA ja psühholoogilise seisundi vahel esineb teaduskirjanduse andmetel negatiivne korrelatsioon. Psühholoogilised tegurid võivad samaaegselt olla nii energia defitsiidi põhjustajaks kui ka tagajärjeks (Mountjoy et al., 2014, 2018). Rahulolematus enda välimusega ja püsiv soov kaalu langetada on LEA kujunemise üheks võimalikuks põhjuseks sportlaste seas (De Souza et al., 2014; Loucks et al., 2011; Martinsen et al., 2010). Mountjoy et al. (2014) on leidnud, et menstruaaltsükli häired põhjustavad naissportlaste hulgas ärevust ning häirunud enesetaju. Lisaks eristatakse FHA-ga naissportlaste seas suuremat kalduvust depressioonile, kõrgemat psühhosomaatiliste häirete tekkeriski ning vähenenud toimetulekuvõimet stressiga. Fagerberg (2018) leidis, et juba 12-nädalane toiduenergia vähendamine ja LEA ($EA < 25$ kcal/kg FFM-i kohta päevas) võistlushooajal põhjustas meessportlaste hulgas olulisi meeleoluhäireid.

Tuginedes LEA-st põhjustatud RED-s-i tagajärgedele spordis, leiab bakalaureusetöö autor, et suhteline energia defitsiit haarab paljusid oragansüsteeme ning mõjutab organismi kui tervikut. Kuigi kaasaegsed uuringud on keskendunud valdavalt LEA lühiajaliste tagajärgede demonstreerimisele, püsib jätkuvalt vajadus uuringute järele, mis hindaks LEA pikaajaliste tagajärgede ulatust. Lisaks on teaduskirjanduses leitav informatsiooni hulk RED-s-i erinevate tagajärgede kohta ebaühtlane ja varieeruv, mistõttu leiab töö autor, et sündroomi objektiivne hindamine on jätkuvalt problemaatiline, kuid praktikas äärmiselt olulise tähtsusega ja vajab seetõttu edasist süstematiseerimist.

4. SUHTELISE ENERGIA DEFITSIIDI RAVIKÄSITLUS SPORDIS

4.1. Suhtelise energia defitsiidi ravi eesmärgid spordis

RED-s-i kaasaegne ravi põhineb multidistsiplinaarsel lähenemisel, eeldades sportlaste, treenerite, spordiarstide, toitumisspetsialistide (Loucks et al., 2011), psühholoogide, füsioterapeutide jt erialaspetsialistide vahelist koostööd, et tagada organsüsteemide funktsioonide ja füsioloogiliste protsesside normaliseerumine (De Souza et al., 2014; Mountjoy et al., 2018).

Peamised eesmärgid RED-s-i ravikäsitluses on järgnevad:

- 1) LEA kõrvaldamine, optimaalse EA tagamine;
- 2) menstruaalfunktsiooni normaliseerumine – eumenorröa saavutamine;
- 3) madala luutiheduse korrigeerimine, optimaalse luutiheduse tagamine;
- 4) kognitiivse käitumisteraapiaga psühholoogiliste probleemidega tegelemine (Mountjoy et al., 2014, 2014).

Energia defitsiidi negatiivsete tagajärgede kõrvaldamiseks tuleb nais- ja meessportlastel tagada optimaalne EA, mille saavutamiseks kas suurendatakse EI-d, vähendatakse EEE-d või rakendatakse mõlema võtte kombinatsiooni (Mountjoy et al., 2014). EI reguleerimisel võetakse arvesse energia defitsiidi ulatust, sportlase kehalise aktiivsuse osakaalu, toitainete vajadust ning individuaalseid sportlikke eesmärgi (Mountjoy et al., 2018). Mountjoy et al. (2014) andmetel on soodsate tulemuste saamiseks soovituslik koostada sportlasele individuaalne toitumiskava ning suurendada päevast EI väärtust keskmiselt 300-600 kcal võrra. Energia defitsiidi ulatusest sõltuvalt võib olla vajalik lisaks EEE alandamine, mille jaoks piiratakse sportlase kehalist aktiivsust (Nattiv et al., 2007; Mountjoy et al., 2018).

Mountjoy et al. (2014) hinnangul on normipärase menstruaalfunktsiooni saavutamisel kõige efektiivsemaks kehakaalu suurendamine. Kui normipärane menstruaaltsükkel ei taastu pärast treening- ja toitumisharjumuste muutmist, manustatakse ovulatsiooni stimuleerimiseks lühiajaliselt suukaudselt östradiooli ja progesterooni (Gordon et al., 2017).

Lisaks on EI suurendamine ja kehakaalu tõus tähtis optimaalse luutiheduse tagamisel, soodustades trabekulaarse luu mineralisatsiooni ja kortikaalse luu kasvu. Sportlastel on soovitatud harrastada jõutreeningut kaks kuni kolm korda nädalas, kuna mehaaniline koormus mõjub luutihedusele positiivselt. Nagu käesolevas töös on varasemalt mainitud, on luu terviklikkuse säilitamiseks lisaks vajalik piisav toitainete tarbimine, eriti kaltsiumi ja D-vitamiini osas (Mountjoy et al., 2014).

Psüühikahäirete esinemisel on RED-s-i ravis vajalik rakendada kognitiivset käitumisteraapiat (Mountjoy et al., 2018). Kui sportlane pole suuteline iseseisvalt RED-s-i raviskeemist kinni pidama ega pole näha positiivset dünaamikat, on vajalik psühholoogide või psühhiaatrite sekkumine (De Souza et al., 2014; Mountjoy et al., 2014). Söömishäiretega ja FHA-ga naissportlaste seas on teraapia tulemusel täheldatud EI korrigeerimist sportlase poolt ja sellest tulenevat menstruaaltsükli normaliseerumist. Kognitiivse käitumisteraapia kestus, intensiivsus ja sagedus oleneb psüühikahäire ulatusest (Mountjoy et al., 2018).

4.2. Suhtelise energia defitsiidi skriining spordis

RED-s-i riskifaktorite õigeaegne tuvastamine aitab ennetada energia defitsiidi kujunemist spordis (De Souza et al., 2014; Mountjoy et al., 2014, 2018; Nattiv et al., 2007). Sümptomite märkamiseks peaks sportlasi skriinima regulaarselt, eriti kui indiviidil on täheldatud häirunud söömiskäitumist, menstruaalfunktsiooni häireid, kaalulangust, sportliku sooritusvõime langust, korduvaid vigastusi spordis, kasvu- ja arengupeatust ning meeleoluhäireid. Kuna RED-s-i peamiseks komponendiks on EA, tuleks keskenduda LEA tuvastamisele. Käesoleva käsitluse kohaselt puuduvad konkreetSED EA hindamiskriteeriumid ning kasutuselolevate küsimustike valiidsus on küsitav (Mountjoy et al., 2014). Kuigi LEA objektiivne hindamine on raskendatud, on mõned hindamismudelid siiski laiemalt kasutatavad. Melin et al. (2014) on LEA hindamiseks naissportlaste seas välja töötanud küsimustiku '*Low Energy Availability in Females Questionnaire*' ning hetkel on valmimisjärgus meeste suunatud küsimustik '*Low Energy Availability in Males Questionnaire*' (Mountjoy et al., 2018). RED-s-i skriiningul on abiks hindamisvahend '*The RED-s Clinical Assessment Tool*', mis hindab spordis osalemise riski RED-s-i sümptomite esinemisel ning seab vajadusel sportimiseks piirangud. Vastavalt sümptomite esinemisele eristatakse madalat, mõõdukat ja kõrget riski nagu esitletud alljärgnevas tabelis 1. Madala riski korral puuduvad piirangud, mõõduka riski korral vähendatakse kehalist koormust mõõdukas mahuks ning kõrge riski korral kehtestatakse reeglina sportimise keeld (Mountjoy et al., 2014). Eestis kasutatakse RED-s-i temaatikasse kuuluvate riskitegurite hindamiseks ja tervisekahjustuste ennetamiseks spordimeditsiinilise terviseuuringu küsimustikku ESMF-1 (Eesti Haigekassa, 2018).

Tabel 1. Suhtelise energia defitsiidi riskifaktorite hindamise mudel 'The RED-s Clinical Assessment Tool' (tõlge, modifitseeritud, Mountjoy et al., 2014).

Kõrge risk	Mõõdukas risk	Madal risk
Anoreksia jt söömishäired	Madal rasvaprotsent (luudensitomeetria või antropomeetria meetodiga mõõdetuna)	Tervislikud toitumisharjumused koos optimaalse energia saadavusega
Teised tõsised madala energia saadavusega seotud psüühilised ja füsioloogilised seisundid	Oluline kaalukaotus (ühe kuu jooksul 5-10% kehamassist)	Normipärane ainevahetuse ja endokriinsüsteemi talitus
Ekstreemsed kaalulangetusmeetodid, dehüdratsioon, hemodünaamiline ebastabiilsus jt eluohtlikud seisundid	Noorsportlase kasvu- ja arengu mahajäämus	Optimaalne luutihedus
	Häirunud menstruaaltsükkel: funktsionaalne hüpotalaamiline amenorröa >6 kuu	
	Menarhe >16 a	
	Meestel ebanormaalne hormoonide profiil	
	Vähenenud luutihedus (võrreldes eelmise mõõtmisega või Z-skoor >-1 SD)	
	Vähemalt üks varasem stressmurd, põhjustatud madalast energia saadavusest või häirunud menstruaalfunktsioonist	
	Madalast energia saadavusest või söömishäirest põhjustatud kõrvalekalded:	
	- elektrokardiogrammi muutused	
	- laboratoorsed muutused	
	Pikaajaline suhteline energia defitsiit	
	Söömishäiretest põhjustatud käitumishäired	
	Ravitulemuste puudumine	

4.3. Suhtelise energia defitsiidi ennetamine spordis

RED-s-i ennetamisel spordis on tähtis sportlaste, treenerite, tervishoiutöötajate ja lapsevanemate teadlikkuse suurendamine. Probleemi teadvustamiseks on soovitatud korraldada harivaid koolitusi, mis käsitleks RED-s-i tekkeriske, sümptomaatikat, selle kujunemist ja tagajärgi sportlase tervisele. Arvestades tõsiasja, et paljud sümptomid avalduvad alles siis, kui energia defitsiit on kestnud juba pikka aega, peaks sportlased käima

regulaarselt tervisekontrollis. Treeneritel on soovituslik hoiduda sportlaste esteetilise välimuse kommenteerimisest, vältides sel viisil muutunud kehataju ja psüühikahäirete tekkimist või süvenemist (Martinsen et al., 2010; Mountjoy et al., 2014; Otis et al., 1997). Samuti on oluline realistlike kehaideaalide ja sportlike eesmärkide seadmine, mis ei survestaks sportlast oma kehakaalu vähendama ja välimust muutma (Martinsen et al., 2010).

Vastavalt bakalaureusetöös käsitletud probleemidele vajavad käesoleva töö autori arvates edasist uurimist muuhulgas järgnevad aspektid:

- 1) valiidsed EA ja RED-s-i sümptomite hindamiskriteeriumid;
- 2) RED-s-i tuvastamine meessportlaste seas;
- 3) LEA pikaajalised tagajärjed konkreetsetele organsüsteemisele ja füsioloogilistele protsessidele;
- 4) teadlikkus RED-s-i riskiteguritest ja tagajärgedest nii eliit- kui ka harrastussportlaste seas;
- 5) RED-s-i käsitlemise süstematiseerimine.

KOKKUVÕTE

Suhteline energia defitsiit spordis (RED-s) on äärmiselt kompleksne sündroom, mis põhjustab häireid organismi füsioloogilistes protsessides ja erinevates organsüsteemides. Probleem on enim levinud kaalukategooriatega ja esteetiliste spordialadega tegelevate sportlaste seas ning haaratud on nii eliit- kui ka harrastussportlased. Erinevalt RED-s-i eelkäija, naissportlase triaadi kontseptsioonist, mis tähistab madala energia saadavuse, madala luutiheduse ja häirunud menstruaaltsükli koosesinemist, on kaasaegne RED-s-i käsitlus ulatuslikum ning hõlmab lisaks naissportlastele ka meessportlasi.

RED-s-i peamiseks põhjuseks on madal energia saadavus, mis võib tekkida toiduenergia vähendamisest ja/või kehalise treeningu käigus kulutatud energia suurendamisest. Sellest tulenevalt pole organismil piisavalt energiat elutähtsate füsioloogiliste funktsioonide normipäraseks toimimiseks. Madala energia saadavuse esinemissagedus sportlaste seas erineb teadusallikate lõikes väga suures ulatuses, mis viitab praeguste hindamiskriteeriumite puudustele. Hetkel kasutusel olevate küsimustike valiidsust on keeruline hinnata ning paljude uuringute valimid on ulatuslike järelduste tegemiseks liiga väikesearvulised.

Bakalaureusetööst selgub, et energia defitsiidi tagajärjed haaravad kogu organismi. Energiavaegusest on muuhulgas häiritud ainevahetuse regulatsioon, luu ainevahetus, endokriin- ja kesknärvisüsteemi talitus. Psüühikahäired, sealhulgas söömishäired, võivad olla nii RED-s-i põhjustajaks kui ka tagajärgedeks. Erinevate organsüsteemide kohta leitav informatsiooni hulk on teadusallikates suurel määral varieeruv, mis raskendab tagajärgede ulatuse hindamist.

RED-s-i ravi peamiseks eesmärgiks on tagada optimaalne energia saadavus, luutihedus ja hormonaalne tasakaal. RED-s-i riskifaktorite ja sümptomite õigeaegseks tuvastamiseks tuleb sportlasi regulaarselt skriinida. Riskifaktorite määramisel on erialaspetsialistidele abiks hindamisvahend '*The RED-s Clinical Assessment Tool*', mille põhjal eristatakse vastavalt sümptomitele madalat, keskmist ja kõrget RED-s-i tekkeriski. Kuna RED-s-i ravi põhineb multidistsiplinaarsel meeskonnatööl, on probleemi ennetamisel tähtis sportlaste, treenerite, lapsevanemate, spordiarstide, toitumisoostajale, psühholoogide ja füsioterapeutide harimine ning samuti teadlikkuse tõstmine ühiskonnas.

Kokkuvõtvalt, RED-s-i kaasaegne käsitluses vajab süstematiseerimist, seega on tulevikus võimalik keskenduda suhtelise energia defitsiidi tekkemehhanismide ja konkreetsete tagajärgede detailsemale uurimisele.

KASUTATUD KIRJANDUS

- 1) Barrack MT, Fredericson M, Tenforde AS, Nattiv A. Evidence of a cumulative effect for risk factors predicting low bone mass among male adolescent athletes. *British Journal of Sports Medicine* 2017;51(3):200-205.
- 2) Baxter-Jones ADG, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research* 2011;26(8):1729-1739.
- 3) Burke LM, Lundy B, Fahrenholtz IL, Melin AK. Pitfalls on Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018a;28:350-363.
- 4) Burke LM, Close GL, Lundy B, Mooses M, Morton JP, Tenforde AS. Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018b;28:364-374.
- 5) Caronia LM, Martin C, Welt CK, Sykiotis GP, Quinton R et al. A genetic basis for functional hypothalamic amenorrhea. *The New England Journal of Medicine* 2011;364(3):215-225.
- 6) Civil R, Lamb A, Loosmore D, Ross L, Livingstone K et al. Assessment of Dietary Intake, Energy Status, and Factors Associated With RED-S in Vocational Female Ballet Students. *Frontiers in nutrition* 2019;5:136.
- 7) Cosman F, De Beur SJ, LeBoff MS, Lewiecki EM, Tanner B et al. Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporosis International* 2014;25(10):2359–2381.
- 8) Davies MC, Hall ML, Jacobs HS. Bone mineral loss in young women with amenorrhoea. *British Medical Journal* 1990;301:790-793.
- 9) Day J, Wengreen H, Heath E, Brown K. Prevalence of Low Energy Availability in Collegiate Female Runners and Implementation of Nutrition Education Intervention. *Sports Nutrition and Therapy* 2015;1:101.
- 10) De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, Misra M, Williams NI et al. Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad. *British Journal of Sports Medicine* 2014;48:289.
- 11) Drinkwater BL, Nilson K, Chesnut CH, Bremner WJ, Shainholtz S, et al. Bone Mineral Content of Amenorrheic and Eumenorrheic Athletes. *The New England Journal of Medicine* 1984;311:277-281.

- 12) Eesti Haigekassa. Noorsportlase tervisekontroll spordiga seotud tervisekahjustuste ennetamiseks. 2018.
https://www.haigekassa.ee/sites/default/files/ennetusedendus/Noorsportlase_juhend_03.07.18.pdf, 13.05.2018.
- 13) Elliott-Sale KJ, Tenforde AD, Parziale AL, Holtzman B, Ackerman KE. Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018;28:335-349.
- 14) Fagerberg P. Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018;28(4):385-402.
- 15) Gleeson M. Immune function in sport and exercise. *Journal of Applied Physiology* 2007;103(2):693–699.
- 16) Gordon CM, Ackerman KE, Berga SL, Kaplan JR, Mastorakos G et al. Functional Hypothalamic Amenorrhea: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2017;102(5):1413-1439.
- 17) Heikura IA, Uusitalo ALT, Stellingwerff T, Bergland D, Mero AA et al. Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018;28:403-411.
- 18) Hind K. Recovery of bone mineral density and fertility in a former amenorrheic athlete. *Journal of Sports Science and Medicine* 2008;7:415-418.
- 19) Ihle R, Loucks AB. Dose–Response Relationships Between Energy Availability and Bone Turnover in Young Exercising Women. *Journal of Bone and Mineral Research* 2004;19:1231–1240.
- 20) Keay N, Francis G, Hind K. Low energy availability assessed by a sport-specific questionnaire and clinical interview indicative of bone health, endocrine profile and cycling performance in competitive male cyclists. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 2018;4(1).
- 21) Koehler K, Achtzehn S, Braun H, Mester J, Schaezenzer W. Comparison of self-reported energy availability and metabolic hormones to assess adequacy of dietary energy intake in young elite athletes. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* 2013;38(7):725-733.
- 22) Koehler K, Hoerner NR, Gibbs JC, Zinner C, Braun H et al. Low energy availability in exercising men is associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones. *Journal of Sports Sciences* 2016;34(29):1921-1929.

- 23) Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences* 2011;29(1):7–15.
- 24) Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing Hormone Pulsatility Is Disrupted at a Threshold of Energy Availability in Regularly Menstruating Women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2003;88(1):297-311.
- 25) Loucks AB, Verdun M, Heath EM. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising Women. *Journal of Applied Physiology* 1998;84(1):37-46.
- 26) Martinsen M, Bratland-Sanda S, Eriksson AK, Sundgot-Borgem J. Dieting to win or to be thin? A study of dieting and disordered eating among adolescent elite athletes and non-athlete controls. *British Journal of Sports Medicine* 2010;44:70-76.
- 27) Mooses M, Haile DW, Ojiambo R, Suvi S, Lane AR et al. Bone mineral density of elite level Kenyan male and female runners: Preliminary data from RED-S study. In: *Annual Congress of the European College of Sport Science*; 2017 july 5-8. Ruhr, Germany; 2017.
- 28) Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Carter S, Constantini N et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad - Relative Energy Deficiency in Sport (RED-s). *British Journal of Sports Medicine* 2014;48:491-497.
- 29) Mountjoy M, Sundgot- Borgen JK, Burke LM, Ackerman KE, Blauwet C et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *British Journal of Sports Medicine* 2018;52(11):687-697.
- 30) Melin A, Tornberg ÅB, Skouby S, Faber J, Ritx C et al. The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports Medicine* 2014;48:540–545.
- 31) Melin A, Tornberg AB, Skouby S, Moller SS, Sundgot-Borgen J et al. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2015;25(5):610-622.
- 32) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2007;39(10):1867-1882.
- 33) Norris ML, Harrison ME, Isserlin L, Robinson A, Feder S et al. Gastrointestinal complications associated with anorexia nervosa: A systematic review. *International Journal of Eating Disorders* 2016;49(3):216–237.

- 34) Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(5):1-9.
- 35) Perseghin G, Lattuada G, Ragogna F, Alberti G, La Torre A et al. Free leptin index and thyroid function in male highly trained athletes. *European Journal of Endocrinology* 2009;161:871–876.
- 36) Reed JL, De Souza MJ, Mallinson J, Scheid JL, Williams NI. Energy availability discriminates clinical menstrual status in exercising women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2015;12:11.
- 37) Spaeth AM, Dinges DF, Goel N. Resting metabolic rate varies by race and by sleep duration. *Obesity* 2015;23(12):2349–2356.
- 38) Sundgot-Borgen J, Torstveit M. Prevalence of Eating Disorders in Elite Athletes Is Higher Than in the General Population. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2004;14(1):25-32.
- 39) Tjurina N. Häirunud söömiskäitumine Eesti naissportlastel. Residentuuri lõputöö. Tartu: Tartu Ülikooli arstiteaduskond; 2017.
- 40) Viner RT, Harris M, Berning JR, Meyer NL. Energy Availability and Dietary Patterns of Adult Male and Female Competitive Cyclists With Lower Than Expected Bone Mineral Density. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2015;25:594-602.
- 41) Wiksten- Almströmer M, Hirschberg AL, Hagenfledt K. Menstrual disorders and associated factors among adolescent girls visiting a youth clinic. *Acta Obstetrica et Gynecologica* 2007;86:65-72.
- 42) Wiksten- Almströmer M, Hirschberg AL, Hagenfledt K. Reduced bone mineral density in adult women diagnosed with menstrual disorders during adolescence. *Acta Obstetrica et Gynecologica* 2009;88:543-549.
- 43) Yeager KK, Agostini R, Nattiv A, Drinkwater B. The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1993;25(7):775-777.

SUMMARY

Relative Energy Deficiency in Sport: overview of modern approaches, consequences and treatment

The aim of the present thesis is to give an overview of modern approaches, consequences, and treatment of relative energy deficiency in sport (RED-s). According to the International Olympic Committee consensus statement, RED-s is defined as “impaired physiological functioning caused by a relative energy deficiency and includes but is not limited to impairments of metabolic rate, menstrual function, bone health, immunity, protein synthesis, and cardiovascular health” (Mountjoy et al., 2018).

The first chapter of the paper focuses on the differences between RED-s and previously widely used female athlete triad, which refers to the combination of low energy availability (LEA), low bone mineral density and menstrual dysfunction. As the current study brings out, energy deficiency has wider consequences on physiological functions and affects not only female but also male athletes.

RED-s syndrome is mainly caused by LEA. The prolonged imbalance between energy intake and exercise energy expenditure can have serious results on athletes’ health and physiological functions as well as on performance. Diagnosing RED-s and LEA is complicated since there are no standardized protocols for the assessment of energy availability. Furthermore, different self-reported questionnaires used for measuring one’s energy intake and exercise energy expenditure are not reliable to make conclusions. The RED-s Clinical Assessment Tool can be helpful when measuring the risk factors for RED-s.

The treatment of RED-s syndrome is focused on optimizing physiological functions such as menstrual function, bone health, and energy availability. RED-s treatment is based on multidisciplinary management. Thus, it is crucial to educate athletes, coaches, physiotherapists and other specialists about the problem and to increase awareness of energy deficiency.

In conclusion, the current approaches to RED-s are complex and need further management. Therefore, the author of the present thesis concludes that scientific research should focus on developing standardized tools for the assessment on energy availability and investigating the impact of LEA in male athletes.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Liina-Mari Roolaht

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Suhteline energia defitsiit spordis: ülevaade kaasaegsest käsitlest, tagajärgedest ja ravist

mille juhendaja on Eve Unt, kaasjuhendaja Martin Mooses

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Liina-Mari Roolaht

13.05.2019